

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

<https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-1-3>

УДК 338.

JEL: I 19; C 14; C 43

В. А. Черешнев <sup>а)</sup>, Н. В. Кривенко <sup>б)</sup>, В. Г. Крылов <sup>в)</sup><sup>а)</sup> Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация<sup>б)</sup> Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация<sup>в)</sup> Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Российская Федерация<sup>а)</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4329-147X><sup>б)</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3292-6460>, e-mail: nvkrivenko@yandex.ru<sup>в)</sup> <https://orcid.org/0000-003-4528-0184>

## Комплексная оценка эффективности и устойчивости региональной системы здравоохранения<sup>1</sup>

Оценка деятельности системы здравоохранения в современных условиях — актуальное направление исследований; труды отечественных ученых показывают отсутствие системного подхода к определению эффективности и устойчивости российского здравоохранения. Зарубежный опыт показывает, что, несмотря на широкомасштабную научную работу, по данным Европейского регионального бюро Всемирной организации здравоохранения, на сегодняшний день разработано недостаточно показателей эффективности работы системы здравоохранения. Рассмотрена многогранность оценки эффективности отрасли, дано определение устойчивости применительно к системе здравоохранения. С использованием метода многомерного сравнительного анализа, метода детерминированного факторного анализа, структурного анализа, метода экспертных оценок, статистических методов моделирования и прогнозирования разработан методический аппарат комплексной оценки эффективности и устойчивости региональной системы здравоохранения. Методический инструментарий включает комплексную оценку относительной эффективности и комплексную оценку относительной устойчивости региональной системы здравоохранения на основе разработанных интегральных показателей. Методический инструментарий апробирован на примере системы здравоохранения Свердловской области в 2017–2018 гг. На интегральные коэффициенты относительной эффективности региональной системы здравоохранения оказывают непосредственное влияние показатели медико-социальной результативности, которые во многом зависят от уровня финансирования и управления отраслью. В то же время показатели относительной эффективности могут быть высокими даже при недостижении нормативного уровня относительной устойчивости. Предложен интегральный коэффициент уровня риска, учитывающий необходимость сохранения устойчивости системы здравоохранения для стабильного функционирования и развития. Построена интерактивная модель, позволяющая определить зону риска и безопасную зону для региональной системы здравоохранения. Разработанный методический инструментарий является универсальным и позволяет объективно оценить уровень эффективности и состояние устойчивости региональной системы здравоохранения. Дальнейшие исследования в области оценки эффективности и устойчивости российского здравоохранения позволят совершенствовать предложенный методический аппарат с точки зрения расширения охвата факторов, влияющих на развитие отрасли.

**Ключевые слова:** региональная система здравоохранения, медико-социальная результативность, комплексная оценка, методический инструментарий, относительная эффективность, относительная устойчивость, интегральные коэффициенты, экспертная оценка, интерактивная модель, уровень риска

### Благодарность

Исследование проведено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант №19-010-00396 «Эффективность системы здравоохранения как фактор устойчивого социально-экономического развития регионов».

**Для цитирования:** Черешнев В. А., Кривенко Н. В., Крылов В. Г. Комплексная оценка эффективности и устойчивости региональной системы здравоохранения // Экономика региона. 2021. Т. 17, вып. 1. С. 31-43. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-1-3>

<sup>1</sup> © Черешнев В. А., Кривенко Н. В., Крылов В. Г. Текст. 2021.

## RESEARCH ARTICLE

Valeriy A. Chereshev <sup>a)</sup>, Natalya V. Krivenko <sup>b)</sup>, Victor G. Krylov <sup>c)</sup><sup>a)</sup> Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russian Federation<sup>b)</sup> Institute of Economics of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russian Federation<sup>c)</sup> Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation<sup>a)</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4329-147X><sup>b)</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3292-6460>, e-mail: nvkrivenko@yandex.ru<sup>c)</sup> <https://orcid.org/0000-003-4528-0184>**Comprehensive Assessment of the Efficiency and Sustainability of the Regional Health Care System**

Nowadays, the sustainability of the health care system is a relevant research topic. The works of Russian scientists demonstrate the lack of a systematic approach to determining the efficiency and sustainability of the Russian health care. International experience and the data of the Regional Office for Europe of the World Health Organization (WHO) show that, despite extensive research, efficiency indicators of the health care system have been insufficiently developed. Using the methods of multidimensional comparative analysis, determined factor analysis, structural analysis, expert assessment, statistical modelling and forecasting methods, we developed a methodology for the comprehensive assessment of the efficiency and sustainability of the regional health care system. The methodological toolkit includes the comprehensive assessment of the relative efficiency and relative sustainability of the regional health care system based on the established integral indicators. We tested this methodology on the example of the health care system of Sverdlovsk Oblast in the period 2017–2018. Integral indicators of the relative efficiency are directly influenced by the indicators of medical and social performance, which largely depend on the funding and management of the health care system. Simultaneously, the indicators of the relative efficiency can be high even if the indicators of the relative sustainability did not reach the established threshold. An integral indicator of the risk level considers the need to maintain the sustainability of the health care system for its functioning and development. Further, we constructed an interactive model for determining the risk zone and safe zone of the health care system. Due to its versatility, the proposed methodological toolkit allows an objective assessment of the efficiency and sustainability of the regional health care system.

**Keywords:** regional health care system, medical and social performance, comprehensive assessment, methodological tools, relative efficiency, relative sustainability, integral coefficients, expert assessment, interactive model, risk level

**Acknowledgments**

The article has been prepared with the support of Russian Foundation for Basic Research, the grant No. 19-010-00396 "Effectiveness of health system as a factor of sustainable social and economic development of regions."

**For citation:** Chereshev, V. A., Krivenko, N. V. & Krylov, V. G. (2021). Comprehensive Assessment of the Efficiency and Sustainability of the Regional Health Care System. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 17(1), 31-43, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-1-3>

**Введение**

На современном этапе социально-экономического развития общества значимость человеческого потенциала, идеи конвергентности здоровья человека [1, с. 301], возможность увеличения в последующем его вклада в экономику страны актуализируют научную проблематику оценки деятельности системы здравоохранения. Отмечается различный уровень достижения эффективности региональных систем здравоохранения ввиду территориальных, транспортных, финансовых, кадровых, организационных и других различий [2, с. 15]. Состояние системы здравоохранения Российской Федерации характеризуется недостаточным уровнем финансирования, степень износа основных фондов в российском здравоохранении составила в 2017 г. 53 %<sup>1</sup>,

что не способствует адекватному обеспечению отрасли ресурсами в ближайшей и отдаленной перспективе. Представляют научный интерес методические аспекты оценки эффективности и устойчивости системы здравоохранения на региональном уровне, позволяющие рассматривать и степень государственного участия в финансировании отрасли, и степень достижения результативности ее деятельности.

**Теоретико-методологическое обоснование исследования**

Традиционно эффективность рассматривается как соотношение достигнутых результатов и использованных ресурсов. Представляют научный интерес альтернативные подходы к оценке эффективности, в том числе рассмотрение эффективности с герменевтических позиций, что свидетельствует об относительности данного понятия [3, с. 131]. Эффективность является понятием не только относительным,

<sup>1</sup> Российский статистический ежегодник 2018. Стат. сб. / Росстат. М., 2018. 694 с.

но и многоуровневым, не стоит ограничивать эффективность одной лишь производственной сферой [4, с. 63–64].

Эти положения справедливы и для системы здравоохранения с точки зрения оценки эффективности ее деятельности. Целесообразно рассматривать эффективность как системную категорию, на формирование которой оказывают влияние различные факторы [5, с. 12]. Ф.Н. Кадыров предлагает оценивать эффективность здравоохранения, с одной стороны, как «типичного производства», с другой — как «специфической деятельности по повышению экономической эффективности общественного производства за счет снижения заболеваемости и т. д.» [6, с. 38]. Так, при снижении смертности трудоспособного населения от сердечно-сосудистых заболеваний ежегодный вклад в экономику составит 400 млрд руб., с учетом сохранения жизни человека в период его трудоспособности (около 10–15 лет) увеличится, соответственно, вклад в ВВП [7, с. 16–18]. Основным критерием отбора и принятия государственных программ в сфере здравоохранения должна быть научно обоснованная оценка их эффективности [8, с. 174]. Для оценки эффективности должны использоваться показатели, позволяющие количественно измерить исследуемый объект на основе сравнительного анализа с выбранным эталоном (нормативом) [9, с. 50].

Учитывая специфику отрасли, целесообразно рассмотреть взаимосвязь и взаимовлияние различных видов эффективности здравоохранения [10, с. 261–262]. Получение медицинской эффективности сопровождается достижением улучшения показателей здоровья пациентов, социальной — характеризуется снижением заболеваемости, инвалидности, смертности населения, показатели экономической эффективности определяются соотношением экономического эффекта и произведенных затрат. При этом нет линейной зависимости между этими показателями: достижение медицинского эффекта не всегда сопровождается экономией затрат.

В государственной программе Российской Федерации «Развитие здравоохранения», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 294 на 2013–2020 гг.<sup>1</sup> представлено большое ко-

личество показателей и индикаторов, однако «отсутствуют показатели оценки эффективности использования ресурсов, что требует их разработки для определения доступности, медицинской результативности и экономической эффективности медицинской помощи» [11]. Несмотря на то, что зарубежные ученые постоянно проводят исследования по оценке эффективности систем здравоохранения [12–15], в том числе европейских стран (ОЭСР), Европейским региональным бюро Всемирной организации здравоохранения [16–20], на сегодняшний день показателей, характеризующих эффективность систем здравоохранения, недостаточно [16].

На основе изучения отечественного и зарубежного опыта по данной проблематике выявлена необходимость измерения эффективности и устойчивости системы здравоохранения, в первую очередь на региональном уровне.

Требуется рассмотрения понятие «устойчивость системы». Исследования процессов устойчивого развития социально-экономических систем отражены в работах И. Пригожина, И. Стенгерса, Д.Х. Медоуза, Г. Хакена, Г.Б. Клейнера, А.И. Татаркина [21, с. 250; 22, с. 204; 23, с. 37; 24, с. 12; 25, с. 201], других зарубежных и отечественных ученых. Е.В. Попов определяет устойчивость «как способность либо противостоять изменениям внешней среды, либо адаптироваться под них и сохранить равновесие, при этом адаптация и саморегулирование осуществляются посредством информационного, ресурсного и иных типов обмена» [26, с. 94]. Для измерения устойчивости функционирования объекта исследования на определенном отрезке времени требуется использование показателей, изменение значений которых характеризует устойчивое или неустойчивое развитие [27, с. 20–23]. Анализ устойчивости системы фактически является исследованием соотношений между ее параметрами, являющимися количественными характеристиками свойств среды, существенных для функционирования системы [28, с. 287]. Е.А. Ерохина отмечает «нелинейность процесса развития, источником которого является разрешение противоречий, в том числе между потребностями системы в ресурсах и возможностью их удовлетворения; между стремлением системы к установлению устойчивого состояния и средствами его достижения и т. д.» [4, с. 88–89].

Применительно к здравоохранению требуются выявление имеющихся противоречий, определение траектории развития отрасли

<sup>1</sup> Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения». Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 294. Ред. от 12.08.2017. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_162178/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162178/) (дата обращения 16.02.2020).

с помощью разработанной методики оценки эффективности и устойчивости региональной системы здравоохранения.

### Методология исследования

Авторский подход заключается в целесообразности комплексного рассмотрения эффективности деятельности регионального здравоохранения с учетом определения устойчивости функционирования системы, достижения результативности и рационального использования ресурсов. Методология исследования базируется на концепциях системной экономики, устойчивого развития, использовании многомерного сравнительного метода, детерминированного факторного, метода структурного анализа, метода экспертных оценок и статистических методов моделирования и прогнозирования.

Авторами разработан методический инструментарий комплексной оценки эффективности и устойчивости региональной системы здравоохранения, позволяющий с помощью интегральных показателей исследовать причины их изменения в динамике, определять взаимовлияние и взаимосвязи между ними, возможности достижения эффективности и устойчивости отрасли.

Результативность показывает, насколько полученный результат соответствует целевому уровню [29, с. 258]. Подход к определению целевой эффективности — степени соответствия полученных результатов изначально поставленным целям, актуален, когда достижение цели является жизненно важным, например в здравоохранении [30, с. 576].

Исследования проведены на примере деятельности системы здравоохранения Свердловской области за период 2017–2018 гг.

На первом этапе необходимо провести анализ выполнения показателей, утвержденных территориальными программами (ТП) государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи: целевых медико-демографических показателей, объемных показателей государственного задания (ГЗ) по видам медицинской помощи (МП) (скорой (СМП), амбулаторно-поликлинической (АПП), в условиях круглосуточного (КСС) и дневного (ДС) стационаров), объемных показателей высокотехнологичной медицинской помощи (ВМП), критериев доступности медицинской помощи, критериев качества медицинской помощи.

Мы рассмотрели выполнение целевых медико-демографических показателей за период

2017–2018 гг., в соответствии с Территориальной программой государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи в Свердловской области на 2017 год и плановый период 2018 и 2019 гг.<sup>1</sup>, по данным государственной статистики по Свердловской области. Результаты представлены в таблице 1.

В наших расчетах получены положительные интегральные коэффициенты в 2017 и в 2018 гг., интегральный коэффициент выполнения целевых показателей в динамике 1,07 свидетельствует о благоприятных тенденциях снижения смертности населения Свердловской области по наиболее значимым видам заболеваний, улучшению выполнения целевых показателей.

На втором этапе нами предложена комплексная оценка относительной эффективности региональной системы здравоохранения, включающая следующие интегральные показатели: интегральный коэффициент медико-социальной результативности, коэффициент выполнения финансирования территориальной программы (соотношение фактических и плановых показателей). Коэффициент относительной эффективности региональной системы здравоохранения рассчитывается как соотношение интегрального коэффициента медико-социальной результативности и коэффициента выполнения финансирования территориальной программы, нормативная величина — единица (табл. 1).

Расчеты произведены на основании данных о реализации Территориальных программ в Свердловской области за 2017<sup>2</sup>, 2018 гг.<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> О территориальной программе государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи в свердловской области на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов. Постановление Правительства Свердловской области от 29 декабря 2016 года п 955-пп. Ред. постановлений правительства свердловской области от 18.10.2017 п 775-пп, от 29.12.2017 п 1036-пп. URL: <http://docs.cntd.ru/document/429094071> (дата обращения 15.02.2020).

<sup>2</sup> Доклад о реализации Территориальной программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи в Свердловской области за 2017 год. Приложение к Постановлению Правительства Свердловской области от 31 мая 2018 г. № 332-ПП. URL: <https://docviewer.yandex.ru/> (дата обращения 15.02.2020).

<sup>3</sup> Доклад о реализации Территориальной программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи в Свердловской области (далее — Территориальная программа) за 2018 год. Приложение к Постановлению Правительства Свердловской области от 20 мая 2019 г. № 294-ПП. URL: [url: http://docs.cntd.ru/document/553275797](http://docs.cntd.ru/document/553275797) (дата обращения 15.02.2020).



Таблица 1  
Методический аппарат комплексной оценки относительной эффективности региональной системы здравоохранения (на примере Свердловской области)  
Table 1  
Methodological toolkit for the comprehensive assessment of the relative efficiency of the regional health care system (example of Sverdlovsk Oblast)

Показатели системы здравоохранения	Коэффициенты эффективности								
	К выполнения целевых мероприятий	К выполнения объемных показателей ГЗ	К выполнения объемных показателей ВМП	К выполнения показателей МП	К выполнения показателей качества МП	К интегральный медико-социальной результативности	К изменения медико-социальной результативности	К выполнения финансирования ТП	Коэффициент относительной эффективности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	план / факт	факт / план	факт / план	факт / план	факт / план	гр. 2 × гр. 3 × гр. 4 × гр. 5 × гр. 6	2018/2017	факт / план	гр. 7/ гр. 9
2017 год	1,05	0,95	1,00	0,4	0,83	0,331		0,998	0,332
Выполнение ГЗ:									
СМП		0,81							
АПП		1,21							
КСС		0,99							
ДС		0,98							
2018 год	1,12	1,44	1,00	0,86	0,95	1,320		1,01	1,307
Выполнение ГЗ:									
СМП		0,80							
АПП		1,83							
КСС		1,00							
ДС		0,98							
В динамике (2018/2017):	1,07						3,98		3,93

\* Разработано авторами.

Значение интегрального коэффициента медико-социальной результативности за 2017 г. составило всего 0,331, что объясняется недостаточным выполнением государственного задания, недостижением в полном объеме нормативных показателей, характеризующих доступность и качество медицинской помощи. Коэффициент выполнения финансирования территориальной программы составил 0,998, показатель относительной эффективности региональной системы здравоохранения за 2017 г. составил 0,332. В 2018 г. в результате улучшения медико-социальной результативности и финансирования за 2018 г. получен показатель относительной эффективности региональной системы здравоохранения 1,307.

Выявлены взаимовлияние и взаимозависимость медико-социальной результативности и относительной эффективности: улучшение показателей деятельности региональной системы здравоохранения способствует адекватному увеличению показателя относительной эффективности, за 2017–2018 гг. эффективность региональной системы здравоохранения увеличилась в 3,9 раза.

Так как мы рассматриваем аспекты эффективности регионального здравоохранения многогранно, на третьем этапе рассматриваются показатели, характеризующие относительную устойчивость системы, в том числе с точки зрения ресурсной обеспеченности. В прикладном аспекте оценку устойчивости системы целесообразно производить с помощью «разработанных критериев, определяющих пороговые, критические значения» [27, с. 20–23]. На уровне отрасли расчеты экономической устойчивости должны проводиться «сравнением с нормой, нормативом или среднеотраслевым значением» [31, с. 175]. Устойчивость является интегративным свойством системы в целом, поэтому ее нельзя измерить, а можно только оценить косвенно, например, «на основе балльных и балльно-индексных подходов и методов оценивания» [32, с. 110–114].

Авторский подход к оценке устойчивости применительно к системе здравоохранения заключается в рассмотрении возможности осуществлять функционирование и инновационное развитие при наличии баланса кадрового, материально-технического, финансового обеспечения.

Целесообразно комплексно оценить относительную устойчивость системы здравоохранения на основе разработанных нами коэффициентов с использованием следующих наиболее важных параметров:

$$K_{\text{инт.отн.уст.}} = K_{\text{уст.кадр.}} \times K_{\text{мат.тех.}}, \quad (1)$$

где  $K_{\text{уст.кадр.}}$  — коэффициент устойчивости кадрового обеспечения;  $K_{\text{мат.тех.}}$  — коэффициент устойчивости материально-технического обеспечения;  $K_{\text{инт.отн.уст.}}$  — коэффициент интегральной относительной устойчивости, рассчитывается как произведение данных коэффициентов. Нормативная величина интегрального коэффициента относительной устойчивости и всех входящих коэффициентов равна единице (табл. 2).

В таблице 2 представлен методический аппарат комплексной оценки относительной устойчивости региональной системы здравоохранения.

В 2017 г. получены коэффициенты:  $K_{\text{уст.кадр.}}$  — 0,967;  $K_{\text{мат.тех.}}$  — 0,668 (низкая величина объясняется, в частности, тем, что половина зданий требуют реконструкции и ремонта),  $K_{\text{инт.отн.уст.}}$  — 0,646. Фактический показатель ниже нормативной величины на 35 %, что объясняется, прежде всего, высоким износом основных фондов в отрасли.

В 2018 г. получены коэффициенты:  $K_{\text{уст.кадр.}}$  — 1,042,  $K_{\text{мат.тех.}}$  — 0,649,  $K_{\text{инт.отн.уст.}}$  — 0,676. Повышение уровня интегрального коэффициента относительной устойчивости связано с улучшением кадрового обеспечения.

Интегральный коэффициент относительной устойчивости в динамике составил 1,046, что свидетельствует об укреплении устойчивости состояния системы здравоохранения Свердловской области, однако полученное значение снижения в динамике коэффициента устойчивости материально-технического обеспечения из-за уменьшения уровня удовлетворительного технического состояния и благоустройства зданий требует обновления материально-технической базы регионального здравоохранения.

Используя «математическую теорию важности критериев, составляющую одно из направлений теории принятия решения» [33, с. 130], для большей объективности мы применили метод экспертных оценок: проведена экспертная оценка вклада каждого показателя с помощью уточняющих коэффициентов, определяющих значения факторов, влияющих на интегральные коэффициенты относительной устойчивости (табл. 3).

И в первом, и во втором варианте получены значения интегрального коэффициента относительной устойчивости в динамике — 1,034, 1,021 (табл. 2, 3), которые показывают несколько меньший прирост по сравнению с фактическим значением данного показателя

Таблица 2

Методический аппарат комплексной оценки относительной устойчивости региональной системы здравоохранения (на примере Свердловской области)

Table 2

Methodological toolkit for the comprehensive assessment of the relative sustainability of the regional health care system (example of Sverdlovsk Oblast)

Показатели системы здравоохранения	Коэффициенты относительной устойчивости									
	Интегральные показатели	Обеспеченность населения врачами, на 10000 насел.	Обеспеченность населения средним медперсоналом, на 10000 насел.	Обеспеченность койками, на 10000 насел.	Уровень удовлетворит. технического состояния зданий	Уровень благоустройства зданий	Эксперт. оценка весового вклада (1 вариант)	Новые интегральные показатели (1 вариант)	Эксперт оценка весов. вклада (2 вариант)	Новые интегральные показатели (2 вариант)
<b>2017 год</b>										
Целевые показатели		29,00	83,7	83,1						
Факт		28,00	81,0	71,9	0,54	0,6				
Факт / план		0,97	0,97	0,87						
$K_{уст.кадр.}$	0,967						0,5	0,483	0,38	0,367
$K_{мат.тех.}$	0,668						0,5	0,334	0,62	0,414
$K_{инт.отн.уст.}$	0,646							0,818		0,782
<b>2018 год</b>										
Целевые показатели		29,7	84,1	83,1						
Факт		31,4	86,4	71,1	0,5	0,6				
Факт / план		1,057	1,03	0,86						
$K_{уст.кадр.}$	1,042						0,5	0,521	0,38	0,396
$K_{мат.тех.}$	0,649						0,5	0,324	0,62	0,402
$K_{инт.отн.уст.}$	0,676							0,845		0,798
$K_{инт.отн.уст.}$ в динамике (2018/2017)	1,046							1,034		1,021

\* Разработано авторами.

Таблица 3

Интегральные коэффициенты относительной устойчивости за 2017–2018 гг.

Table 3

Integral indicators of relative sustainability in 2017–2018

Период	Расчет интегральных коэффициентов на основе экспертной оценки вклада каждого показателя с помощью уточняющих коэффициентов	
	1 вариант (равномерные весовые значения)	2 вариант (весовые значения уточняющих коэффициентов согласно формуле «золотого сечения»: 0,38;0,62)
2017 год	$K_{уст.кадр.}$ — 0,5 $K_{мат.тех.}$ — 0,5 Сумма весовых значений всех входящих компонентов — 1	$K_{уст.кадр.}$ — 0,38 $K_{мат.тех.}$ — 0,62 Сумма весовых значений всех входящих компонентов — 1
	Получены интегральные коэффициенты:	Получены интегральные коэффициенты:
2018 год	$K_{уст.кадр.}$ — 0,483 $K_{мат.тех.}$ — 0,334 $K_{инт.отн.уст.}$ : 0,818 $K_{уст.кадр.}$ — 0,521	$K_{уст.кадр.}$ — 0,367 $K_{мат.тех.}$ — 0,414 $K_{инт.отн.уст.}$ : 0,782 $K_{уст.кадр.}$ — 0,396
	$K_{мат.тех.}$ — 0,324 $K_{инт.отн.уст.}$ : 0,845	$K_{мат.тех.}$ — 0,402 $K_{инт.отн.уст.}$ : 0,798
	$K_{инт.отн.уст.}$ в динамике (2018/2017 гг.) — 1,034	$K_{инт.отн.уст.}$ в динамике (2018/2017 гг.) — 1,021

\* Разработано авторами.

(1,046). Тем не менее, зафиксировано улучшение устойчивости системы здравоохранения в Свердловской области в динамике за 2017–2018 гг.

Представляет научный интерес выявление взаимовлияния относительных показателей эффективности и устойчивости системы здравоохранения. Как показывают проведенные исследования, показатели относительной эффективности системы здравоохранения могут быть достаточно высокими даже при недостижении нормативного уровня относительной устойчивости 1. В то же время требуется определить границы зоны риска для понимания, при каких значениях эффективности и устойчивости система будет стабильно функционировать и развиваться.

### **Интерактивная модель определения зоны риска для региональной системы здравоохранения**

При оценке эффективности и устойчивости системы здравоохранения мы предлагаем новый показатель — интегральный коэффициент уровня риска, который поможет определить, где находится система здравоохранения — в зоне риска или вне зоны риска (в безопасной зоне).

Интегральный коэффициент уровня риска рассчитывается как произведение показателя относительной эффективности и интегрального коэффициента относительной устойчивости:

$$K_{\text{инт. уровня риска}} = K_{\text{отн. эффект.}} \times K_{\text{инт. отн. уст.}}, \quad (2)$$

где  $K_{\text{инт. уровня риска}}$  — коэффициент интегрального уровня риска;  $K_{\text{отн. эффект.}}$  — коэффициент относительной эффективности;  $K_{\text{инт. отн. уст.}}$  — коэффициент интегральный относительной устойчивости.

Норма векторного пространства  $X$  для оценки эффективности и устойчивости, где каждый элемент  $x$  из  $X$   $\|x\| \Rightarrow 0$  является положительной величиной [34, с. 119]. В данном изложении пространство  $X$  — это декартово произведение:

$$X = \langle \text{эффективность} \rangle \times \langle \text{устойчивость} \rangle, \quad (3)$$

определяет индекс оценки риска для системы здравоохранения.

Нормативная величина интегрального коэффициента уровня риска — единица. Полученные значения ниже 1 показывают зону риска, значения выше 1 свидетельствуют о том, что система здравоохранения находится вне зоны риска (в безопасной зоне). В таблице

4 представлены расчеты интегрального коэффициента уровня риска системы здравоохранения Свердловской области за 2017–2018 гг. по 3 вариантам:

- 1) полученные фактические значения;
- 2) фактические значения, откорректированные с учетом равномерных весовых значений (0,5 и 0,5);
- 3) фактические значения, откорректированные с учетом весовых значений согласно формуле «золотого сечения» (0,38 : 0,62).

Как показывают данные из таблица 4, в 2017 г. при недостижении медико-социальной результативности, относительной эффективности и устойчивости средняя величина интегрального коэффициента уровня риска составила 0,24, что свидетельствует о зоне риска. В 2018 г. при улучшении относительных показателей эффективности и устойчивости средняя величина интегрального коэффициента уровня риска составила нормативную величину 1,00, то есть система здравоохранения находилась на границе зоны риска.

При построении модели (рис.) мы применили статистические методы моделирования и прогнозирования, используемые для «построения статистической модели для предсказания, или оценивания, некоторой выходной переменной на основе одной или нескольких входных переменных» [35–37]. Подобно индексу Мальмквиста [38, с. 1076–1086; 39, с. 774–785], норма пространства  $X$  дает количественную оценку, включающую экспертные знания предметной области, нормирование как процесс анализа состояния параметров заканчивается получением нормы в результате математического вычисления и экспертной оценки. На нормированном пространстве  $X$  определена метрика  $\rho(x, N) = \|x - N\|$ , где  $N$  — множество элементов, определяющих нормативное значение исследуемого показателя.

При  $\rho(x, N) = 0$  элемент  $x$  находится на кривой, ограничивающей область эффективности управления.

При  $\rho(x, N) \Rightarrow 0$  наблюдаются положительные свойства управления.

При  $\rho(x, N) < 0$  наблюдается кризисное состояние управления.

На рисунке — интегральные коэффициенты уровня риска 2017 г., рассчитанные по трем вариантам и в среднем (0,24) показывают, что значительное отклонение от 1 приводит к «зоне бедствия», в дальнейшем — к деградации развития системы здравоохранения. Достижение интегрального коэффициента уровня риска в 2018 г. в среднем (1,00) пока-



Таблица 4

## Интегральные коэффициенты уровня риска за 2017–2018 гг.

Table 4

## Integral indicators of the risk level in 2017–2018

Период	Расчет интегральных коэффициентов уровня риска, $K_{\text{инт. уровня риска}}$			
	1 вариант (полученные фактические значения)	2 вариант (фактические значения, откорректированные с учетом равномерных весовых значений: 0,5 и 0,5)	3 вариант (фактические значения, откорректированные с учетом весовых значений согласно формуле золотого сечения (0,38:0,62))	Средняя величина
2017 год	$0,332 \times 0,646 = 0,21$	$0,332 \times 0,818 = 0,27$	$0,332 \times 0,782 = 0,25$	0,24
2018 год	$1,307 \times 0,676 = 0,88$	$1,307 \times 0,845 = 1,10$	$1,307 \times 0,798 = 1,04$	1,00

\* Разработано авторами.

зывает, что система здравоохранения находилась на границе зоны риска, увеличение данного показателя будет способствовать улучшению устойчивости вне зоны риска, переход в благополучную зону.

Различные соотношения показателей относительной эффективности и относитель-

ной устойчивости показывают возможности функционирования региональной системы здравоохранения: нахождение в «зоне бедствия» или риска, в предрисковой зоне (деградации), на границе зоны риска или вне зоны риска — в благополучной зоне. Модель показывает, что удержаться на границе зоны риска

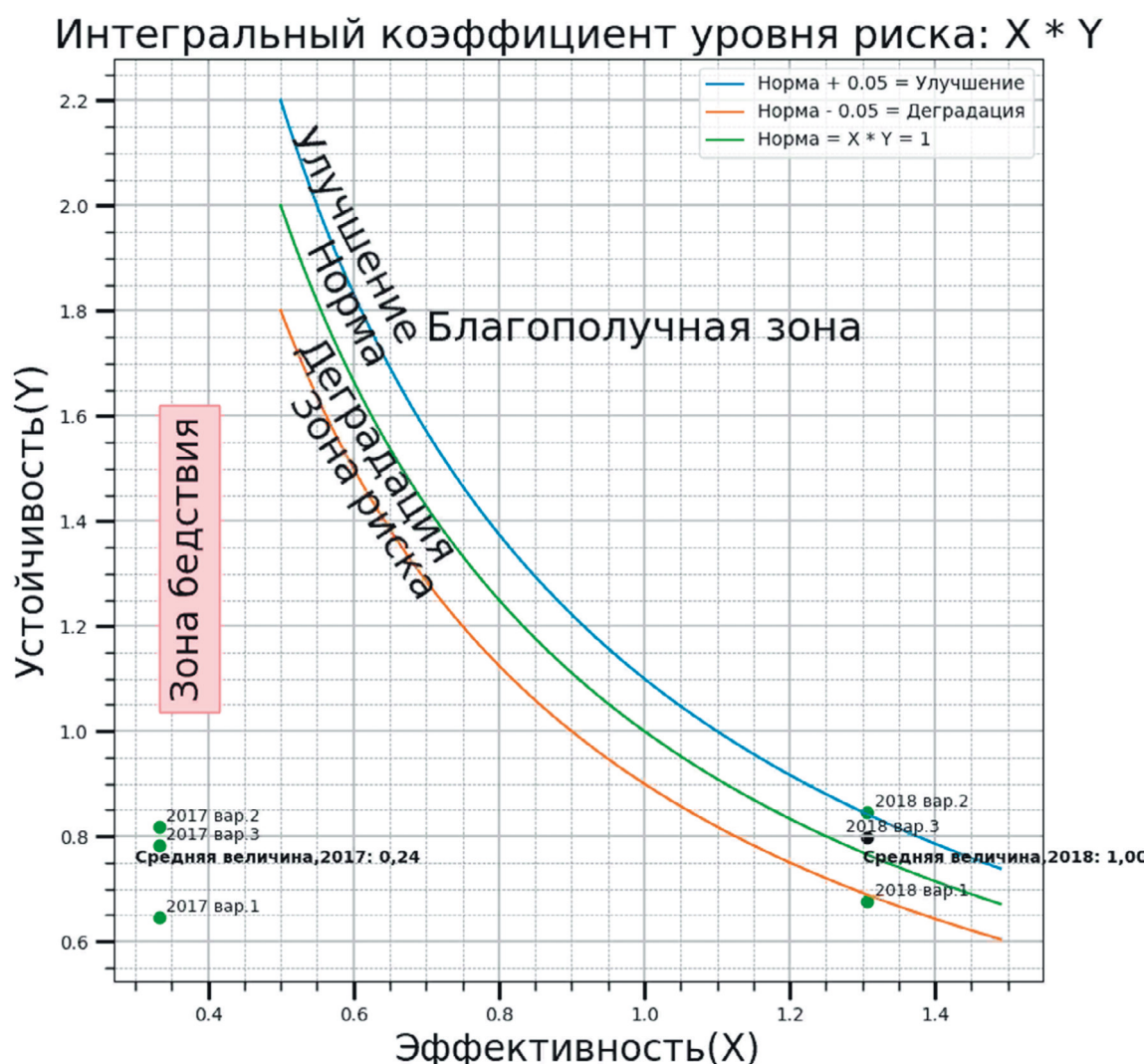


Рис. Интерактивная модель определения зоны риска для региональной системы здравоохранения

Fig. Interactive model for determining the risk zone for the regional health system

можно только за счет высокой эффективности, но непродолжительное время, наступит исчерпание ресурсов. Таким образом, требуется обязательный рост показателя устойчивости, зависящий от адекватного ресурсного обеспечения отрасли.

### Заключение

Проведенные исследования определили целесообразность комплексной оценки эффективности деятельности и устойчивости функционирования регионального здравоохранения. Использование авторской интерактивной модели позволяет прогнозировать сценарии развития системы здравоохранения на региональном уровне в зависимости, с одной стороны, от уровня ее обеспечения со стороны государства, с другой стороны, от уровня управления отраслью и эффективности ее деятельности. Значительные отклонения от нормативного показателя относительной устойчивости

приводят к исчерпаемости ресурсов, что не способствует достижению показателей доступности и качества медицинской помощи населению даже при интенсивной нагрузке врачей. Недостаточность финансирования отрасли может привести к отставаниям в инновационном развитии, в том числе из-за ограниченности ресурсов, направленных на обучение врачей, приобретение современного оборудования и т. д. Таким образом, поступательное развитие отрасли на региональном уровне возможно только при обеспечении сбалансированности системы здравоохранения. Предложенный методический аппарат комплексной оценки относительной эффективности и устойчивости региональной системы здравоохранения является универсальным и может использоваться в любом регионе для объективного анализа деятельности, финансирования и уровня обеспечения отрасли.

### Список источников

1. Кинсли М. Креативный капитализм / Под ред. М. Кинсли, К. Кларка: пер. с англ. И. В. Гродель. Минск: Попурри, 2010. 336 с.
2. Оценка эффективности деятельности региональных систем здравоохранения / Стародубов В. И., Сон И. М., Леонов С. А., Стерликов С. А. // Менеджер здравоохранения. 2010. № 3. С. 15–25.
3. Базуева Е. В., Ковалёва Т. Ю. Обоснование критериев эффективности кластерного пространственного развития территории на основе герменевтики категории «эффективность» // Экономические и социальные перемены. Факты, тенденции, прогноз. 2017. Т. 10, № 6. С. 120–137. DOI: 10.15838/esc.2017.6.54.8.
4. Ерохина Е. А. Теория экономического развития. Системно-самоорганизационный подход. Томск: Изд-во Томского университета, 1999. 160 с.
5. Социально-экономическая эффективность регионального развития / Растворцева С. Н., Фаузер В. В., Задорожный В. Н., Залевский В. А.; отв. ред. д-р экон. наук, доц. С. Н. Растворцева. М.: Экон-Информ, 2011. 136 с.
6. Кадыров Ф. Н. Экономические методы оценки эффективности деятельности медицинских учреждений. М.: ИД «Менеджер здравоохранения», 2007. 458 с.
7. Аганбегян А. Г. Что могут сделать регионы для преодоления стагнации и возобновления значимого социально-экономического роста // Регион. Экономика и социология. 2019. № 4. С. 3–23. DOI: 10.15372/REG20190401.
8. Черешнев В. А., Васильева А. В., Коробицын Б. А. Оценка экономической эффективности государственных программ социальной направленности методами имитационного моделирования. // Экономический анализ. Теория и практика. 2017. Т. 16, № 1(460). С. 174–187.
9. Гонтарева И. В., Нижегородцев Р. М. Категориальный аппарат оценивания эффективности развития предприятий // Экономика развития. 2012. № 3(63). С. 47–54.
10. Кривенко Н. В. Теоретико-методологические подходы к управлению изменениями в организациях здравоохранения как открытых социально-экономических системах : дисс. ... д-ра экон. наук. Екатеринбург, 2016. 326 с.
11. Корблев В. Н. Оценка результативности и эффективности системы здравоохранения и медицинских организаций. 2015. URL: <http://www.medlinks.ru/sections.php?op=listarticles&secid=156>. (дата обращения 31.01.2020).
12. Brockmann H. Why is less money spent on health care for the elderly than for the rest of the population? Health care rationing in German hospitals // Social science & medicine. 2002. No. 55(4). P. 593–608.
13. Tanner M. The grass is not always greener: A look at national health care systems around the world // Cato Policy Analysis Paper. 2008. No. 613. P. 1–47.
14. Guido L. C. Management Lessons From Mayo Clinic: Inside One of the World's Most Admired Service Organizations // Mayo Clinic Proceedings. 2009. Vol. 84, No. 11. P. 1045. DOI: 10.4065/84.11.1045-e.
15. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. Springer Science & Business Media, 2013. 764 p. DOI: 10.1007/BF02985802
16. Фекри О., Макараян Е. Р., Клазинга Н. Оценка эффективности систем здравоохранения в Европейском регионе ВОЗ. Какие сферы и показатели используют государства-члены при проведении измерений? Копенгаген :

Европейское региональное бюро ВОЗ, 2018. 51 с. URL: [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0011/386048/hen-55-rus.pdf-g](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0011/386048/hen-55-rus.pdf-g) (дата обращения 06.03.2020).

17. Donabedian A. The quality of care: how can it be assessed? *Jama*. Vol. 198, No. 260(12). P. 1743–1748.
18. Murray C. J., Frenk J. A WHO framework for health system performance assessment. Geneva: World Health Organization, 1999. 52 p.
19. Murray C. J., Frenk J. A framework for assessing the performance of health systems. *Bulletin of the world Health Organization*. 2000. No. 78. P. 717–731.
20. Papanicolas I., Smith P. Health system performance comparison: an agenda for policy, information and research: an agenda for policy, information and research. McGraw-Hill Education (UK), 2013. 51 p.
21. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой: пер. с англ. М.: Едиториал УРСС, 2014. 304 с.
22. Медоуз Д. Х., Рандерс, Й., Медоуз Д. Л. Пределы роста. 30 лет спустя. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 342 с.
23. Хакен Г. Синергетика. Принципы и основы, перспективы и приложения: в 2 ч.: пер. с англ. М.: Ленанд, 2012. 432 с.
24. Клейнер Г. Б. Государство регион отрасль предприятие: каркас системной устойчивости экономики России. Ч. 2. // *Экономика региона*. 2015. № 3. С. 9–17. doi 10/17059/ 2015–3-1
25. Саморазвивающиеся социально-экономические системы. Теория, методология, прогнозные оценки: в 2 т. / А. И. Татаркин и др.; под общ. ред. А. И. Татаркина. М.: Экономика; Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2011. 308 с.
26. Попов Е. В., Симонова В. Л., Тихонова А. Д. Факторная модель развития инновационных экосистем // *Инновации*. 2019. Т. 10, № 252. С. 88–100. doi 10/26310/2071–3010.2019.252.10.011
27. Павлов К. В., Андреева И. Г. Взаимосвязь устойчивости и эффективности функционирования субъектов бизнеса // *Национальные интересы. Приоритеты и безопасность*. 2009. Т. 10, № 43. С. 18–31.
28. Власов М. П. Оптимальное управление экономическими системами: Учебное пособие / М. П. Власов, П. Д. Шимко. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. 312 с.
29. Применение методов DEA и SFA для количественной оценки влияния технологических и социо-экономических факторов на эффективность сельскохозяйственных предприятий / Лобова С. В., Понькина Е. В., Межин С. А., Курочкин Д. В. // *Вестник алтайской науки*. 2014. № 1. С. 258–267.
30. Нижегородцев Р. М. Критерии эффективности принятия решений и институциональные ловушки // *Управленческие науки в современном мире*. 2017. Т. 1. С. 575–579.
31. Коняшова А. В., Мерзликина Г. С. Методика оценки уровня экономической устойчивости развития предприятия // *Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса*. 2012. № 4(21). С. 174–179.
32. Интегральная оценка устойчивости ландшафтов: модели, результаты, перспективы / Дмитриев В. В., Огурцов А. Н., Морозова А. С., Пилюгина А. А., Свердлов О. А., Сиротина П. М., Федорова М. Е., Черепанов С. В., Шакуров В. А. // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017. № 9. С. 110–114.
33. Броневиц А. Г., Розенберг И. Н. Применение моделей неточных вероятностей в математической теории важности критериев // *Автоматика и телемеханика*. 2017. № 8. С. 127–144.
34. Канторович Л. В., Акилов Г. П. Функциональный анализ: 3-е изд. М.: Наука, 1984. 752 с.
35. Вандер Плас Дж. Python для сложных задач. Наука о данных и машинное обучение. СПб.: Питер, 2018. 576 с.
36. Введение в статистическое обучение с примерами на языке R / Джеймс Г., Уиттон Д., Хасты Т., Тибширани Р.; пер. с англ. С. Э. Мастицкого. М.: ДМК Пресс, 2016. 456 с.
37. Коэльо Л. П., Ричарт В. Построение систем машинного обучения на языке Python. М.: ДМК Пресс, 2016. 302 с.
38. Zelenyuk V. Aggregation of Malmquist productivity indexes // *European Journal of Operational Research*. 2006. Vol. 174, No. 2, P. 1076–1086.
39. Mayer A., Zelenyuk V. Aggregation of Malmquist productivity indexes allowing for reallocation of resources // *European Journal of Operational Research*. 2014. Vol. 238, No. 3. P. 774–785. DOI: 10.1016/j.ejor.2014.04.003.

## References

1. Kinsley, M. (2010). *Creative Capitalism [Kreativnyy kapitalizm]*. Trans. from English. Minsk: Potpourri, 336 p. (In Russ.)
2. Starodubov, V. I., Son, I. M., Leonov, S. A. & Sterlikov, S. A. (2010). Effectiveness of regional public health systems. *Menedzher zdravookhraneniya [Manager of Health Care]*, 3, 15–25. (In Russ.)
3. Bazueva, E. V. & Kovaleva, T. Yu (2017). Substantiating the Efficiency Criteria for Cluster Spatial Development of the Territory Based on the Hermeneutics of the Category of “Efficiency”. *Ekonomicheskie i sotsialnye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz [Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast]*, 10(6), 120–137. DOI: 10.15838/esc.2017.6.54.8. (In Russ.)
4. Erokhina, E. A. (1999). *Teoriya ekonomicheskogo razvitiya: (sistemno-samoorganizatsionnyy podkhod): monografiya [Economic development theory: Economic development theory: (system-self-organizing approach): a monograph]*. Tomsk: TSU, 160. (In Russ.)
5. Rastvortseva, S. N., Fauzer, V. V., Zadorozhnyy, V. N. & Zalevsky, V. A. (2011). *Sotsialno-ekonomicheskaya effektivnost regionalnogo razvitiya [Socio-economic efficiency of regional development]*. Moscow: Econ-Inform, 136. (In Russ.)



6. Kadyrov, F. N. (2007). *Ekonomicheskie metody otsenki effektivnosti deyatel'nosti meditsinskikh uchrezhdeniy* [Economic methods for assessing the effectiveness of medical institutions]. M.: Publishing House "Health Manager", 458. (In Russ.)
7. Aganbegyan, A. G. (2019). What the regions can do to overcome
8. stagnation and rekindle prominent social and economic growth. *Region: Ekonomika i Sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 4, 3–23. DOI: 10.15372/REG20190401. (In Russ.)
9. Chereshev, V. A., Vasil'eva, A. V. & Korobitsyn B. A. (2017). Assessing the economic efficiency of socially oriented government programs by simulation modeling methods. *Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika* [Economic analysis: theory and practice], 16(1(460)), 174–187. (In Russ.)
10. Gontareva, I. V. & Nizhegorodtsev, R. M. (2012). Categorical apparatus of enterprises development efficiency evaluation. *Ekonomika razvitiya* [Economics of development], 3(63), 47–54. (In Russ.)
11. Krivenko, N. V. (2016). *Teoretiko-metodologicheskie podkhody k upravleniyu izmeneniyami v organizatsiyakh zdravookhraneniya kak otkrytykh sotsialno-ekonomicheskikh sistemakh. Diss. na soiskanie uch. step. d.e.n.* [Theoretical and methodological approaches to managing change in healthcare organizations as open socio-economic systems. Diss. Thesis]. Ekaterinburg, 326 p. (In Russ.)
12. Korablev, V. N. (2015). *Otsenka rezul'tativnosti i effektivnosti sistemy zdravookhraneniya i meditsinskikh organizatsiy* [Assessment of the effectiveness and efficiency of the healthcare system and medical organizations]. Retrieved from: <http://www.medlinks.ru/sections.php?op=listarticles&secid=156>. (Date of access: 31.01.2020). (In Russ.)
13. Brockmann, H. (2002). Why is less money spent on health care for the elderly than for the rest of the population? Health care rationing in German hospitals. *Social science & medicine*, 55(4), 593–608.
14. Tanner, M. (2008). The grass is not always greener: A look at national health care systems around the world. *Cato Policy Analysis Paper*, 613, 1–47.
15. Guido, L. C. (2009). Management Lessons From Mayo Clinic: Inside One of the World's Most Admired Service Organizations. *Mayo Clinic Proceedings*, 84(11), 1045. DOI: 10.4065/84.11.1045-e.
16. Hastie, T., Tibshirani, R. & Friedman, J. (2013). *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*. Springer Science & Business Media, 764. DOI: 10.1007/BF02985802
17. Fekri, O., Macarayan, E. R. & Klazinga, N. (2018). *Health system performance assessment in the WHO European region: which domains and indicators have been used by Member States for its measurement?* [Otsenka effektivnosti sistem zdravookhraneniya v Evropeyskom regione VOZ: kakie sfery i pokazateli ispolzuyut gosudarstva-chleny pri provedenii izmereniy?]. Trans. from English. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 44. Retrieved from: [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0011/386048/hen-55-rus.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0011/386048/hen-55-rus.pdf) (Date of access: 06.03.2020) (In Russ.)
18. Donabedian, A. (1988). The quality of care: how can it be assessed? *Jama*, 260(12), 1743–1748.
19. Murray, C. J. & Frenk, J. (1999). *A WHO framework for health system performance assessment*. Geneva: World Health Organization, 52.
20. Murray, C. J. & Frenk, J. (2000). A framework for assessing the performance of health systems. *Bulletin of the World Health Organization*, 78, 717–731.
21. Papanicolas, I. & Smith, P. (2013). *Health system performance comparison: an agenda for policy, information and research: an agenda for policy, information and research*. McGraw-Hill Education (UK), 51.
22. Prigogine, I., & Stengers, I. (2014). *Order out of chaos. Man's new dialogue with nature* [Poryadok iz khaosa. Novyy dialog cheloveka s prirodoy]. Trans. from English. M.: Editorial URSS, 304. (In Russ.)
23. Meadows, D. H., Randers, J. & Meadows, D. L. (2012). *Limits to growth: the 30-Year update* [Predely rosta. 30 let spustya]. Trans. from English. BINOMIAL, Knowledge Laboratory, 358. (In Russ.)
24. Haken, G. (2015). *Sinergetika: printsipy i osnovy, perspektivy i prilozheniya: v 2 ch* [Springer Series in Synergetics]. Trans. from English. M: Lenand, 432. (In Russ.)
25. Kleiner, G. B. (2015). State — Region — Field — Enterprise: Framework of Economics System Stability of Russia. Part 2. *Ekonomika regiona* [Economy of Region], 3, 9–17. DOI: 10/17059/ 2015–3-1 (In Russ.)
26. Tatarkin, A. I. (Ed.) (2011). *Samorazvivayushchiesya sotsialno-ekonomicheskie sistemy: teoriya, metodologiya, prognozyne otsenki: v 2 t.* [Self-developing socio-economic systems: theory, methodology, predictive estimates: in 2 volumes]. Moscow: Economics; Ekaterinburg: Institute of Economics UB RAS, 308. (In Russ.)
27. Popov, E. V., Simonova, V. L. & Tikhonova, A. D. (2019). Factor model for the development of innovative ecosystems. *Innovatsii* [Innovations], 10(252), 88–100. DOI: 10/26310/2071–3010.2019.252.10.011 (In Russ.)
28. Pavlov, K. V. & Andreeva, I. G. (2009). Relation between Stability and Efficient Work of Market Participants. *Natsionalnye interesy: priority i bezopasnost* [National Interests: Priorities and Security], 10(43), 18–31. (In Russ.)
29. Vlasov, M. P. & Shimko, P. D. (2014). *Optimalnoe upravlenie ekonomicheskimi sistemami: Uchebnoe posobie* [Optimal management of economic systems: Textbook]. Moscow: SIC INFRA-M, 312 p. (In Russ.)
30. Lobova, S. V., Ponkina, E. V., Mezhin, S. A. & Kurochkin, D. V. (2014). Application of DEA and SFA methods to quantify the influence of technological and socio-economic factors on the efficiency of agricultural enterprises. *Vestnik altayskoy nauki*, 1, 258–267. (In Russ.)
31. Nizhegorodtsev, R. M. (2017). Criteria of decision making efficiency and institutional traps. *Upravlencheskie nauki v sovremennom mire* [Managerial sciences in modern world], 1, 575–579. (In Russ.)



32. Konyashova, A. V. & Merzlikina, G. S. (2012). Methodology of assessment of the level of economic sustainability of the enterprise development. *Biznes. Obrazovanie. Pravo. Vestnik Volgogradskogo instituta biznesa [Business. Education. Law. Bulletin of the Volgograd business institute]*, 4(21), 174–179. (In Russ.)
33. Dmitriev, V. V., Ogurtsov, A. N., Morozova, A. S., Pilyugina, A. A., Sverdlova, O. A., Sirotina, P. M., ... Shakurov, V. A. (2017). Integrated assessment of landscape sustainability: models, results, prospective. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy [International journal of applied and fundamental research]*, 9, 110–114. (In Russ.)
34. Bronevich, A. G. & Rosenberg, I. N. (2017). Applying models of imprecise probabilities in the mathematical theory of criteria importance. *Avtomatika i telemekhanika*, 8, 127–144. (In Russ.)
35. Kantorovich, K. V. & Akilov, G. P. (1984). *Funktsionalnyy analiz, 3-izd. [Functional analysis, 3rd ed.]*. Moscow: Science, 752. (In Russ.)
36. VanderPlas, J. (2018). *Python data science handbook. Essential tools for working with data [Python dlya slozhnykh zadach: nauka o dannykh i mashinnoe obucheniye]*. Trans. from English. St. Petersburg: Piter, 576. (In Russ.)
37. James, G., Whitton, D., Hasti, T. & Tibshirani, R. (2016). *An Introduction to Statistical Learning with Applications in R [Vvedenie v statisticheskoe obucheniye s primerami na yazyke R]*. Trans. from English. M.: DMK Press, 456. (In Russ.)
38. Coelho, L. P. & Richert, W. (2016). *Building Machine Learning Systems with Python [Postroeniye sistem mashinnogo obucheniya na yazyke Python]*. Trans. from English. M.: DMK Press, 302. (In Russ.)
39. Zelenyuk, V. (2006). Aggregation of Malmquist productivity indexes. *European Journal of Operational Research*, 174(2), 1076–1086.
40. Mayer, A. & Zelenyuk, V. (2014). Aggregation of Malmquist productivity indexes allowing for reallocation of resources. *European Journal of Operational Research*, 238(3), 774–785. DOI: 10.1016/j.ejor.2014.04.003.

### Информация об авторах

**Черешнев Валерий Александрович** — академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель, Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения РАН; Scopus Author ID: 6602886513, <https://orcid.org/0000-0003-4329-147X> (Российская Федерация, 620049, г. Екатеринбург, ул. Первомайская, 106; e-mail: mchereshneva@mail.ru).

**Кривенко Наталья Васильевна** — доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; Scopus Author ID: 57190411847, <http://orcid.org/0000-0002-3292-6460> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; e-mail: nvkrivenko@yandex.ru).

**Крылов Виктор Гаврилович** — старший преподаватель, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина; Web of Science Researcher ID: D-4127-2019, <http://orcid.org/0000-0003-4528-0184> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Ленина, 136; e-mail: kry3757@gmail.com).

### About the authors

**Valeriy A. Chereshnev** — Member of RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, Scientific Director; Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of RAS; Scopus Author ID: 6602886513; <https://orcid.org/0000-0003-4329-147X> (106, Pervomayskaya St., Ekaterinburg, 620049, Russian Federation; e-mail: mchereshneva@mail.ru).

**Natalya V. Krivenko** — Dr. Sci. (Econ.), Leading Research Associate, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; Scopus Author ID: 57190411847; <https://orcid.org/0000-0002-3292-6460> (13b, Lenina Ave., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: nvkrivenko@yandex.ru).

**Victor G. Krylov** — Senior Lecturer, Ural Federal University; Researcher ID: D-4127-2019; <http://orcid.org/0000-0003-4528-0184> (13b, Lenina Ave., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: kry3757@gmail.com).

Дата поступления рукописи: 29.09.2020.

Прошла рецензирование: 09.11.2020.

Принято решение о публикации: 18.12.2020.

Received: 29 Sep 2020

Reviewed: 09 Nov 2020

Accepted: 18 Dec 2020